

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2000-219532**

(43)Date of publication of application : **08.08.2000**

(51)Int.Cl.

C03B 37/014

G02B 6/00

(21)Application number : **11-334246**

(71)Applicant : **FURUKAWA ELECTRIC CO
LTD:THE**

(22)Date of filing : **25.11.1999**

(72)Inventor : KOAIZAWA HISASHI
SAKAMOTO MASAYUKI
ORITA NOBUAKI
SUGIYAMA SATOSHI
TAKEDA JUNICHI

(30)Priority

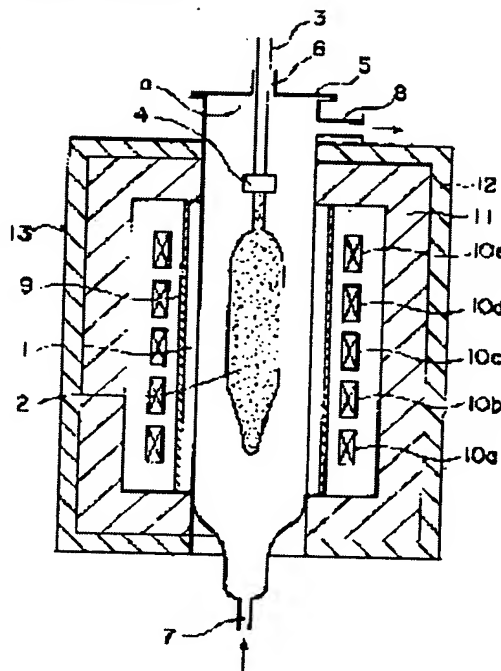
Priority number : **10335087** Priority date : **26.11.1998** Priority country : **JP**

(54) HEAT TREATMENT OF POROUS OPTICAL FIBER PREFORM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease the process time of heat treatment required for a porous optical fiber preform.

SOLUTION: Before a porous optical fiber preform 2 disposed in a furnace tube 9 is subjected to a required heat treatment, the whole body of the porous optical fiber preform 2 is preliminarily heated to a specified preheating temp. lower than the temp. of the required heat treatment. Then, in this state, the porous optical fiber preform 2 is subjected to the required heat treatment while the position in the optical fiber preform 2 heated from the preheated temp. to the temp. of the required heat treatment is moved along the longitudinal direction of the preform.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the]

examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11) 特許出願公開番号

特開 2 0 0 0 - 2 1 9 5 3 2

(P 2 0 0 0 - 2 1 9 5 3 2 A)

(43) 公開日 平成12年8月8日(2000. 8. 8)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

FI

テーマコート（参考）

C 0 3 B 37/014

C 0 3 B 37/014

Z

G 0 2 B 6/00

G 0 2 B 6/00

3 5 6 A

3 5 6

審査請求 未請求 請求項の数 5

OL

(全 13 頁)

(21)出願番号 特願平11-334246

(22) 出願日 平成11年11月25日(1999. 11. 25)

(31)優先權主張番号 特願平10-335087

(32) 優先日 平成10年11月26日(1998. 11. 26)

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 小相澤 久

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河
電気工業株式会社内

(72) 発明者 坂本 昌之

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河
電気工業株式会社内

(74) 代理人 100073450

弁理士 松本 英俊

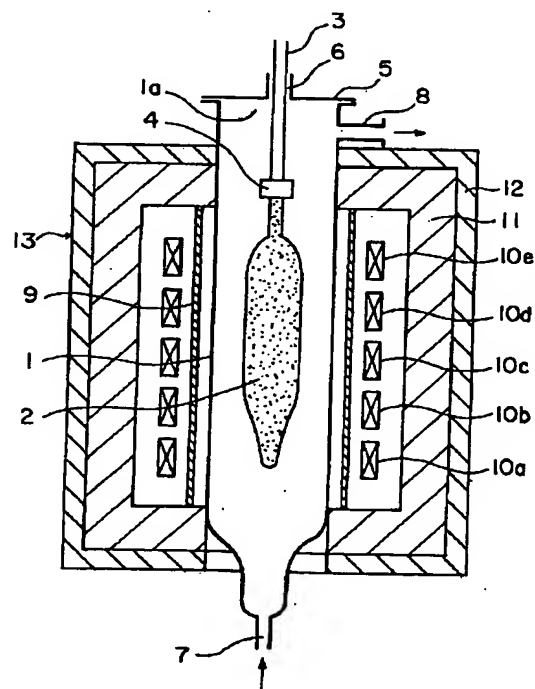
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多孔質光ファイバ母材の熱処理方法

(57) 【要約】

【課題】 多孔質光ファイバ母材の所要の熱処理の処理時間を短縮する。

【解決手段】 炉心管 9 内に配置した多孔質光ファイバ母材 2 に対して所要の熱処理を行う前に、多孔質光ファイバ母材 2 の全体を所要の熱処理の温度より低い所定の予熱温度まで予熱しておき、かかる状態で、多孔質光ファイバ母材 2 が予熱温度から所要の熱処理の温度になる位置を多孔質光ファイバ母材 2 の長手方向に移動させつつ多孔質光ファイバ母材 2 に対する所要の熱処理を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 炉心管の外周の長手方向に沿って複数個の加熱源が配置されている加熱炉内に多孔質光ファイバ母材を配置し、前記多孔質光ファイバ母材に対して所要の熱処理を行う多孔質光ファイバ母材の熱処理方法において、

前記多孔質光ファイバ母材に対して所要の熱処理を行う前に、前記多孔質光ファイバ母材の全体を前記所要の熱処理の温度より低い所定の予熱温度まで予熱しておき、かかる状態で、前記多孔質光ファイバ母材が前記予熱温度から前記所要の熱処理の温度になる位置を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動させつつ該多孔質光ファイバ母材に対する前記所要の熱処理を行うことを特徴とする多孔質光ファイバ母材の熱処理方法。

【請求項2】 前記多孔質光ファイバ母材の長手方向の各部では、前記予熱温度から前記所要の熱処理の温度に達するまでの温度の上昇速度がほぼ一定になるようにして加熱を行うことを特徴とする請求項1に記載の多孔質光ファイバ母材の熱処理方法。

【請求項3】 前記多孔質光ファイバ母材が前記予熱温度から前記所要の熱処理の温度になる位置を前記多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動させる操作は、前記炉心管の外周の長手方向に沿って並んでいる複数個の前記加熱源の温度を、前記各加熱源に対応する前記炉心管内の各部の温度が前記所要の熱処理の温度より低い予熱温度から前記所要の熱処理の温度になるように、前記炉心管の長手方向に沿って順次制御することにより行うことを特徴とする請求項1または2に記載の多孔質光ファイバ母材の熱処理方法。

【請求項4】 複数個の前記各加熱源を用いて前記多孔質光ファイバ母材の加熱を行うに際し、前記多孔質光ファイバ母材を前記予熱温度から前記所要の熱処理の温度に昇温する最初の位置を前記多孔質光ファイバ母材の長手方向のほぼ中央とし、この位置から前記多孔質光ファイバ母材の長手方向の両端側に向かって前記多孔質光ファイバ母材が前記予熱温度から前記所要の熱処理の温度になる位置を移動させつつ該多孔質光ファイバ母材に対する前記所要の熱処理を行うことを特徴とする請求項3に記載の多孔質光ファイバ母材の熱処理方法。

【請求項5】 前記多孔質光ファイバ母材が前記予熱温度から前記所要の熱処理の温度になる位置を前記多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動させる操作は、前記炉心管の外周の長手方向に沿って配置されている前記加熱源の特定の部分の温度をそれに対応する個所の前記炉心管内の温度が前記所要の熱処理の温度になるように設定し、前記加熱源の残りの部分の温度をそれに対応する個所の前記炉心管内の温度が前記所要の熱処理の温度より低い予熱温度になるように設定しておき、前記多孔質光ファイバ母材の各部が前記加熱源の特定の部分に順次対向するように該多孔質光ファイバ母材を長手方向に移動

させつつ行うことを特徴とする請求項1または2に記載の多孔質光ファイバ母材の熱処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、多孔質光ファイバ母材に対して、脱水処理または透明ガラス化処理の少なくともいずれか一つからなる熱処理を行う多孔質光ファイバ母材の熱処理方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】VAD法やOVD法等により製造された多孔質光ファイバ母材に対して脱水・透明ガラス化処理を行う場合、従来は、加熱炉内に石英製の炉心管を設け、この炉心管の中に多孔質光ファイバ母材を上方から徐々に下降させつつ炉心管の外周の1つの加熱源（ヒータ）による高温部を通過させることにより、まず脱水処理をする。この脱水処理時には、炉心管内にはヘリウム（He）ガスや塩素含有ガス等を流し、炉心管内の温度は例えば1100～1300℃程度である。

【0003】この脱水処理の終了後、多孔質光ファイバ母材を炉心管内から一旦引き上げて、炉心管内の温度を例えば1500～1600℃に変更した後、炉心管内に再び該多孔質光ファイバ母材を上方から下降させて同様に透明ガラス化処理を行う。この透明ガラス化処理時には、炉心管内にはHeガスを流す場合もあれば、脱水処理時と同じガスを流すこともある。

【0004】また、脱水処理後に、多孔質光ファイバ母材に屈折率分布形成用のドーパントを添加するドーピング処理が行なわれることがある。このドーピング処理は、炉心管内に雰囲気ガス（主にHeガス）とドーパガス（フッ素、ホウ素、塩素等の何れかを含有するガス）とを供給し、炉心管内の温度を例えば1000～1300℃（この温度は、ドーピングガスにより異なる）程度とすることにより行なわれる。また、ドーピング処理は、透明ガラス化処理と同時に進行することもあり、この場合は通常の透明ガラス化処理の炉心管内雰囲気ガスにドーパガスを添加してドーピング処理を行なう。

【0005】また、このような熱処理時に、多孔質光ファイバ母材を移動させる代わりに、炉心管の外周に複数の加熱源（マルチヒータ）を炉心管の長手方向に配設し、これら加熱源を多孔質光ファイバ母材の長手方向に沿って順次切り換えて、多孔質光ファイバ母材を動かさずに順次所定の温度に加熱することにより、脱水・透明ガラス化処理を行う方法もある（実開平6-59438号）。

【0006】また、VAD法やOVD法等で作られた多孔質光ファイバ母材を脱水・透明ガラス化し、これを延伸したものをターゲットとし、その表面にバーナの火炎中で合成したガラス微粒子を表面に堆積させた多孔質光ファイバ母材（これを本発明では、芯あり多孔質光ファイバ母材と称する。）の場合であって、多孔質層内に予

め屈折率分布を変えるドーパントが含まれていない場合には、脱水・透明ガラス化処理を、芯あり多孔質光ファイバ母材に対向する複数の加熱源により一度に加熱して行う方法もある（特開平9-110456号）。

【0007】このような複数の加熱源を用いた前述した2つの熱処理方法によれば、1つの加熱源を用いた熱処理方法に比べて処理時間を短縮できる利点がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような複数の加熱源を用いる熱処理方法は、予め屈折率分布を形成するドーパントが入っているコア用の多孔質光ファイバ母材（これを本発明では、芯なし多孔質光ファイバ母材と称する。）の脱水・透明ガラス化処理には適用し難い問題点がある。

【0009】これは、脱水処理では、予め多孔質光ファイバ母材に含まれていたドーパントも反応するので、多孔質光ファイバ母材の長手方向に塩素ガス濃度を均一にすることが難しく、その結果、多孔質光ファイバ母材の屈折率分布を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に均一にすることが難しいためである。また、炉内温度も長手方向に均一にすることも難しく、このため塩素ガス濃度を仮に長手方向に均一にすることができても、多孔質光ファイバ母材の屈折率分布を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に均一にすることが難しいためである。

【0010】表面の多孔質層内に屈折率を変えるドーパントが含まれていない芯あり多孔質光ファイバ母材の場合にも、脱水温度を、芯なし多孔質光ファイバ母材と同程度の、例えば1300℃程度までしか上げられない問題点があった。これは、一定温度で長時間（約2～6時間）処理するために、多孔質光ファイバ母材全体を高温にすると該多孔質光ファイバ母材の表面より焼結が進み、脱水がし難くなるからである。

【0011】また、多孔質光ファイバ母材にドーピング処理を行う場合、熱処理後の多孔質光ファイバ母材中のドーパントの長手方向に均一にならないという問題点があった。この原因として、多孔質光ファイバ母材の熱処理の際の該多孔質光ファイバ母材の温度履歴が適切でなかったことが考えられる。

【0012】本発明の目的は、所要の熱処理の処理時間を短縮できる多孔質光ファイバ母材の熱処理方法を提供することにある。

【0013】本発明の他の目的は、処理すべき多孔質光ファイバ母材の昇降を停止した状態で所要の熱処理を行うタイプで、その熱処理の処理時間を短縮できる多孔質光ファイバ母材の熱処理方法を提供することにある。

【0014】本発明の他の目的は、処理すべき多孔質光ファイバ母材を移動させつつ所要の熱処理を行うタイプで、その所要の熱処理の処理時間を短縮できる多孔質光ファイバ母材の熱処理方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、炉心管の外周の長手方向に沿って複数の加熱源が配置されている加熱炉内に多孔質光ファイバ母材を配置し、多孔質光ファイバ母材に対して所要の熱処理を行う多孔質光ファイバ母材の熱処理方法を改良するものである。

【0016】本発明者達の種々の研究の結果、脱水処理、ドーピング処理、透明ガラス化処理等の熱処理は、（a）多孔質光ファイバ母材を処理温度まで上げるに要する昇温時間、（b）多孔質光ファイバ母材が所要の熱処理の温度となり、脱水処理、ドーピング処理、透明ガラス化処理等の反応が十分に進む時間、との2つの時間を経て行われることを見出した。

【0017】また、脱水処理温度は、高い方が反応速度が速いが、多孔質光ファイバ母材の表面の焼結が進み、多孔質光ファイバ母材の表面が緻密化されて、逆に脱水が十分に行えなくなることがわかった。

【0018】以上により、脱水処理または透明ガラス化処理の処理時間を短くするには、（1）多孔質光ファイバ母材を予熱しておくことが重要であり、（2）短い時間であれば、多孔質光ファイバ母材の熱処理温度を高くした方がよいこと、を見出した。

【0019】また、ドーピング処理を効率よく行なうためには、ドーピング直後に多孔質光ファイバ母材の多孔質部分の少なくとも表面部分の密度を高くすることが望ましいことを見出した。

【0020】そこで、本発明に係る多孔質光ファイバ母材の熱処理方法においては、多孔質光ファイバ母材に対して所要の熱処理を行う前に、該多孔質光ファイバ母材の全体を所要の熱処理の温度より低い所定の予熱温度まで予熱しておく。かかる状態で、多孔質光ファイバ母材が予熱温度から所要の熱処理の温度になる位置を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動させつつ該多孔質光ファイバ母材に対する所要の熱処理を行う。

【0021】このように多孔質光ファイバ母材に対して所要の熱処理を行う前に、該多孔質光ファイバ母材の全体を予め所要の熱処理の温度より低い所定の予熱温度まで予熱しておく、該多孔質光ファイバ母材を所要の熱処理の温度まで昇温させて該多孔質光ファイバ母材の全長にわたって所要の熱処理を行う時間を短縮できる。また、多孔質光ファイバ母材が所要の熱処理の温度になる位置を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動させつつ、該多孔質光ファイバ母材に対する所要の熱処理を行うと、該多孔質光ファイバ母材の全長にわたってほぼ均一な温度で所要の熱処理を行うことができ、該多孔質光ファイバ母材の屈折率分布を該多孔質光ファイバ母材の長手方向にほぼ均一にすることができる。

【0022】本発明においては、多孔質光ファイバ母材の長手方向の各部で、予熱温度から所要の熱処理の温度に達するまでの温度の上昇速度がほぼ一定になるようにして加熱を行うことが好ましい。また、多孔質光ファイ

バ母材の長手方向の各部で、所要の熱処理の温度から予熱温度まで降温する温度の下降速度もほぼ一定になるようにして加熱を行うと、より一層好適である。

【0023】このようにすると、多孔質光ファイバ母材の長手方向の各部を、一定の温度の上昇速度でそれぞれ昇温させて熱処理することができ、多孔質光ファイバ母材の長手方向の各部の熱処理後の品質の安定化を図ることができる。この場合、多孔質光ファイバ母材の長手方向の各部を、所要の熱処理の温度から予熱温度まで降温する温度の下降速度もほぼ一定になるようにすると、多孔質光ファイバ母材の長手方向の各部の熱処理後の品質の安定化を、より一層良好に図ることができる。

【0024】また本発明においては、多孔質光ファイバ母材が所要の熱処理の温度になる位置を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動する操作の1つとして、炉心管の外周の長手方向に沿って並んでいる複数の加熱源の温度を、各加熱源に対応する炉心管内の各部の温度が所要の熱処理の温度より低い予熱温度から所要の熱処理の温度になるように、炉心管の長手方向に沿って順次制御する方法がある。

【0025】このような方法をとると、多孔質光ファイバ母材が所要の熱処理の温度になる位置を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動する操作を、複数の加熱源の給電条件等を制御するだけで簡単に行うことができる。

【0026】また本発明においては、複数の各加熱源を用いて多孔質光ファイバ母材の加熱を行うに際し、多孔質光ファイバ母材を予熱温度から所要の熱処理の温度に昇温する最初の位置を多孔質光ファイバ母材の長手方向のほぼ中央とし、この位置から多孔質光ファイバ母材の長手方向の両端側に向かって多孔質光ファイバ母材が予熱温度から所要の熱処理の温度になる位置を移動させつつ該多孔質光ファイバ母材に対する所要の熱処理を行うことが好ましい。

【0027】このような熱処理方法をとると、多孔質光ファイバ母材の全長に対する熱処理時間を、該多孔質光ファイバ母材の一端から他端に向けて行う方法に比べて約1/2に短縮することができる。

【0028】また本発明においては、多孔質光ファイバ母材が所要の熱処理の温度になる位置を多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動させる操作の他の1つとして、炉心管の外周の長手方向に沿って配置されている加熱源の特定の部分の温度をそれに対応する個所の炉心管内の温度が所要の熱処理の温度になるように設定し、加熱源の残りの部分の温度をそれに対応する個所の炉心管内の温度が所要の熱処理の温度より低い予熱温度になるように設定しておき、多孔質光ファイバ母材の各部が加熱源の特定の部分に順次対向するように該多孔質光ファイバ母材を長手方向に移動させつつ行う方法がある。

【0029】このような方法をとると、多孔質光ファイ

バ母材が所要の熱処理の温度になる位置を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動させる操作を、炉心管の外周の長手方向に沿って配置されている加熱源の特定の部分の温度をそれに対応する個所の炉心管内の温度が所要の熱処理の温度になるように設定し、加熱源の残りの部分の温度をそれに対応する個所の炉心管内の温度が所要の熱処理の温度より低い予熱温度または後処理温度になるように設定して行えるので、炉心管内の温度が所要の熱処理の温度になるように設定する加熱源の部分が少なくなり、炉心管内の温度が所要の熱処理の温度になるように設定する加熱源の温度管理が容易になる利点がある。

【0030】また本発明においては、多孔質光ファイバ母材の熱処理としてドーピング処理を行なう場合、脱水処理と透明ガラス化処理との間で行ない、且つ多孔質光ファイバ母材の全体を均一に加熱する温度を、多孔質光ファイバ母材の表面部分の高密度化が進む温度とすることで、多孔質光ファイバ母材の表面全体の高密度化を短時間で行なうことができ、多孔質光ファイバ母材の表面からのドーパントの発散を抑えることができる。なお、ドーピング処理終了後に行なう透明ガラス化前の予熱処理の雰囲気中にドーパントガスを添加すると、さらに多孔質光ファイバ母材の表面からのドーパントの発散を抑えることができる。

【0031】また本発明においては、透明ガラス化処理時にドーピング処理を行なうこともできる。この場合は、多孔質光ファイバ母材が予熱処理によって十分予熱されているために、該多孔質光ファイバ母材の径方向の温度差を少なくすることができ、また、透明ガラス化処理時に長手方向の温度の変化速度をほぼ一定にするため、該多孔質光ファイバ母材の長手方向の温度差も少なくすることができる。従って、多孔質光ファイバ母材全体に対してほぼ均一にドーピング処理を行なうことができる。

【0032】さらに本発明においては、多孔質光ファイバ母材の熱処理としては、該多孔質光ファイバ母材の脱水処理、ドーピング処理、透明ガラス化処理のいずれであってもよい。

【0033】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る多孔質光ファイバ母材の熱処理方法を実施する加熱炉における実施の形態の第1例を示したものである。

【0034】この多孔質光ファイバ母材の加熱炉においては、中心に上下方向に沿って石英製の炉心管1が配置されている。この炉心管1の上部からは、多孔質光ファイバ母材2が昇降軸3の下端に母材把持部4で把持されて該炉心管1内に吊り下げ支持されている。炉心管1の上部開口部1aは、上蓋5で閉塞されている。上蓋5には、昇降軸3を貫通させて昇降させる貫通孔6が設けられている。炉心管1の下部には、炉心管1内に処理ガス

を供給するガス供給管 7 が接続されている。炉心管 1 の上部には、炉心管 1 内の排気ガスを外部に排出するための排気管 8 が接続されている。多孔質光ファイバ母材 2 を存在させる炉心管 1 の部分の外周には、均熱管 9 が同心状に配置されている。この均熱管 9 の外周には、炉心管 1 の外周の長手方向に沿って複数個（本例では、5 個）の加熱源（ヒータ）10a~10e が所定間隔で配置されている。これら均熱管 9 及び加熱源 10a~10e を包囲して加熱源 10a~10e の外側に断熱材 11 が配置され、この断熱材 11 を包囲して炉体 12 が配置されて、加熱炉 13 が構成されている。

【0035】次に、この加熱炉 13 を用いた多孔質光ファイバ母材の熱処理方法の実施の形態の第 1 例と第 2 例とを説明する。

【0036】図 2 (A) ~ (E) は、多孔質層中にドーパントが入っているコア用の多孔質光ファイバ母材である芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A を熱処理する実施の形態の第 1 例について示している。

【0037】各加熱源 10a~10e に通電し、芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A を配置する予定の炉心管 1 内の所定の区間の温度が、図 2 (A) に示すように、保持温度 T_0 （例えば、900℃）になるように各加熱源 10a~10e を加熱する。このときには、炉心管 1 内に下部のガス供給管 7 から N_2 ガスを供給し、上部の排気管 8 から排気する。

【0038】かかる状態で、炉心管 1 内の所定の区間に芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A を吊り下げ配置したら各加熱源 10a~10e の温度を上げ、図 2 (B) に示すように、炉心管 1 内の温度が該芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向にほぼ均一な脱水予熱温度 T_1 となるように各加熱源 10a~10e の温度を制御する。

【0039】各加熱源 10a~10e の温度の変更と同時に、炉心管 1 内に供給するガスを N_2 ガスより He ガスと C_2 ガス、さらに場合によっては O_2 ガスをそれぞれ所定量となるように徐々に変える。この間、炉心管 1 内と炉体 12 内との差圧が一定となるように制御するのは、従来例と同様である。

【0040】炉心管 1 内のガスが完全に切り替わり、且つ各加熱源 10a~10e の温度が所定の温度に到達し、これに伴い各加熱源 10a~10e に対応する炉心管 1 内の温度が脱水予熱温度 T_1 に到達した後に、一番下の加熱源 10a の温度を上げて、この加熱源 10a に対応する炉心管 1 内の温度が、図 2 (C) に示すように、脱水温度 T_2 になるように変更する。このときの温度の上昇速度は、各加熱源 10a~10e のサイズや多孔質光ファイバ母材の種類（芯ありか、芯なし）により異なる。

【0041】一番下の加熱源 10a に対応する炉心管 1 内の温度が脱水温度 T_2 に到達したら、次に下から 2 番目の加熱源 10b に対応する炉心管 1 内の温度を上げ

て、この加熱源 10b に対応する炉心管 1 内の温度が所要の熱処理の温度である脱水温度 T_2 になるように変更すると共に、一番下の加熱源 10a の温度を下げて、この加熱源 10a に対応する炉心管 1 内の温度を脱水予熱温度 T_1 に戻す。このような加熱源 10a~10e の温度の切り換えを順次上側に移動して、芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の全長に亘って脱水温度 T_2 による脱水処理を行う。

【0042】このようにすると、芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A が脱水温度 T_2 になる位置を、該多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向に移動させつつ、該多孔質光ファイバ母材 2 A に対する脱水処理を行うことができる。

【0043】このような熱処理においては、芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向の各部を、脱水予熱温度 T_1 から所要の熱処理の温度である脱水温度 T_2 まで温度を上昇させる、温度の上昇速度が該芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向の各部で一定となるように加熱を行うことが重要である。また、このような熱処理においては、芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向の各部を、所要の熱処理の温度である脱水温度 T_2 から脱水予熱温度 T_1 まで温度を下降させる、温度の下降速度が該芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向の各部で一定となるように加熱を行うことが好ましい。

【0044】このような温度制御は、予め芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A が炉心管 1 に入れてない状態で、該炉心管 1 内の温度分布を測定し、各加熱源 10a~10e の通電条件等を決めておくことにより、容易に実施することができる。さらに、脱水処理が終了した芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A 内の OH 濃度の径方向の分布を長手方向に測定することにより、最終的に各加熱源 10a~10e の給電条件、炉心管内の温度分布等を決めることが好ましい。

【0045】脱水処理が終了したら、炉心管 1 に供給する塩素ガスの供給を停止し、各加熱源 10a~10e の温度を、図 2 (D) に示すように、これら加熱源 10a~10e に対応する炉心管 1 内の所定区間の温度が透明ガラス化予熱温度 T_3 に一樣になるように上げる。

【0046】各加熱源 10a~10e に対応する炉心管 1 内の所定区間の温度が透明ガラス化予熱温度 T_3 に到達後、脱水処理の場合と同様にして、図 2 (E) に示すように、芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A が透明ガラス化予熱温度 T_3 より高い透明ガラス化温度 T_4 になる位置を、該多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向に移動させつつ、該多孔質光ファイバ母材 2 A の全長に対する透明ガラス化処理を行う。

【0047】このような熱処理においても、芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向の各部を、透明ガラス化予熱温度 T_3 から所要の熱処理の温度である透明ガラス化温度 T_4 まで温度を上昇させる温度の上昇速度が該

芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向の各部で一定となるように加熱を行うことが重要である。また、このような熱処理においても、芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向の各部を、所要の熱処理の温度である透明ガラス化温度 T_4 から透明ガラス化予熱温度 T_3 まで温度を降温させる、温度の下降速度が該芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の長手方向の各部で一定となるように加熱を行うことが好ましい。

【0048】加熱源 10 e の昇温により芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A の上端の区間まで透明ガラス化温度 T_4 に昇温できたならば、該芯なし多孔質光ファイバ母材 2 A は全長に亘って透明なコア用の光ファイバ母材となる。

【0049】しかる後、各加熱源 10 a ~ 10 e を降温させることにより透明なコア用の光ファイバ母材の全区間の温度を置換温度 T_5 まで下げる。この降温と同時に炉心管 1 内に供給するガスを He ガス（場合によっては、塩素ガスや酸素ガスも一緒に流している）から N_2 ガスあるいは Ar ガスに徐々に置換する。

【0050】各加熱源 10 a ~ 10 e に対応する透明なコア用の光ファイバ母材の全区間の温度が置換温度 T_5 まで下がったら、所定時間この置換温度 T_5 に保持した後に、該透明なコア用の光ファイバ母材の全区間の温度を保持温度 T_0 （例えば、約 900 °C）まで下げる。

【0051】保持温度 T_0 に到達後に、上蓋 5 を外して、透明なコア用の光ファイバ母材を昇降軸 3 の上昇により上昇させて炉心管 1 から取り出す。

【0052】図 3 (A) ~ (G) は、透明なコア用の光ファイバ母材 2 C を芯とし、その表面側の多孔質層 2 D にドーパントが入っていない多孔質光ファイバ母材である芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B を熱処理する実施の形態の第 2 例について示している。

【0053】各加熱源 10 a ~ 10 e に通電し、芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B を配置する予定の炉心管 1 内の所定の区間の温度が、図 3 (A) に示すように、保持温度 T_0 （例えば、約 900 °C）になるように各加熱源 10 a ~ 10 e を加熱する。このときには、炉心管 1 内に下部のガス供給管 7 から N_2 ガスを供給し、上部の排気管 8 から排気する。

【0054】かかる状態で、炉心管 1 内の所定の区間に芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B を吊り下げ配置したら、各加熱源 10 a ~ 10 e の温度を上げ、図 3 (B) に示すように、炉心管 1 内の温度が該芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B の長手方向にほぼ均一な脱水予熱温度 T_1 となるように各加熱源 10 a ~ 10 e の温度を制御する。

【0055】各加熱源 10 a ~ 10 e の温度の変更と同時に、炉心管 1 内に供給するガスを N_2 ガスより He ガスと Cl_2 ガス、さらに場合によっては O_2 ガスをそれぞれ所定量となるように徐々に変える。この間、炉心管

1 内と炉体 12 内との差圧が一定となるように制御するのは、従来例と同様である。

【0056】炉心管 1 内のガスが完全に切り替わり、且つ各加熱源 10 a ~ 10 e の温度が所定の温度に到達し、これに伴い各加熱源 10 a ~ 10 e に対応する炉心管 1 内の温度が脱水予熱温度 T_1 に到達した後に、中央の加熱源 10 c の温度を上げて、この加熱源 10 c に対応する炉心管 1 内の温度が、図 3 (C) に示すように、脱水温度 T_2 になるように変更する。このときの温度の上昇速度は、各加熱源 10 a ~ 10 e のサイズや多孔質光ファイバ母材の種類（芯ありか、芯なしか）により異なる。

【0057】中央の加熱源 10 c に対応する炉心管 1 内の温度が脱水温度 T_2 に到達したら、この中央の加熱源 10 c の上下両隣りの加熱源 10 d, 10 b に対応する炉心管 1 内の温度を上げて、これら加熱源 10 d, 10 b に対応する炉心管 1 内の温度が所要の熱処理の温度である脱水温度 T_2 になるように変更すると共に、中央の加熱源 10 c の温度を下げて、この中央の加熱源 10 c に対応する炉心管 1 内の温度を脱水予熱温度 T_1 に戻す。このような加熱源 10 a ~ 10 e の温度の切り換えを中央より図 3 (D) に示すように両端側に順次移動して、芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B の全長に亘って脱水温度 T_2 による脱水処理を行う。

【0058】このように脱水温度 T_2 とする芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B の位置を、中央より両端側に順次移動して脱水処理を行うと、芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B が脱水温度 T_2 とする位置を、該多孔質光ファイバ母材 2 B の長手方向の一端側から他端側に移動させつつ、該多孔質光ファイバ母材 2 B に対する脱水処理を行う場合に比べて、脱水処理に要する時間を約 1/2 に短縮することができる。

【0059】このような熱処理においても、芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B の長手方向について、脱水予熱温度 T_1 から所要の熱処理の温度である脱水温度 T_2 まで温度を上昇させる際に、温度の上昇速度が該芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B の長手方向の各部で一定となるように加熱を行うことが、均一温度で脱水処理をする場合より脱水処理温度を高くすることができて、脱水処理の効率が上げられるため重要である。また、このような熱処理においても、芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B の長手方向の各部を、所要の熱処理の温度である脱水温度 T_2 から脱水予熱温度 T_1 まで温度を下降させる、温度の下降速度が該芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B の長手方向の各部で一定となるように加熱を行うことが好ましい。

【0060】このような温度制御も、予め芯あり多孔質光ファイバ母材 2 B が炉心管 1 内に入れてない状態で、該炉心管 1 内の温度分布を測定し、各加熱源 10 a ~ 10 e の通電条件等を決めておくことにより、容易に実施

することができる。さらに、脱水処理が終了した芯あり多孔質光ファイバ母材2 B内のOH濃度の径方向の分布を長手方向に測定することにより、最終的に各加熱源10 a~10 eの給電条件、炉心管内の温度分布等を決めることが好ましい。

【0061】脱水処理が終了したら、炉心管1に供給する塩素ガスの供給を停止し、各加熱源10 a~10 eの温度を、図3 (E)に示すように、これら加熱源10 a~10 eに対応する炉心管1内の所定区間の温度が透明ガラス化予熱温度 T_3 に一樣になるように上げる。

【0062】各加熱源10 a~10 eに対応する炉心管1内の所定区間の温度が透明ガラス化予熱温度 T_3 に到達後、脱水処理の場合と同様にして、図3 (F)に示すように、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bが透明ガラス化予熱温度 T_3 より高い透明ガラス化温度 T_4 になる位置を、該多孔質光ファイバ母材2 Bの中央より長手方向の両端側に図3 (G)に示すように移動させつつ、該多孔質光ファイバ母材2 Bの全長に対する透明ガラス化処理を行う。

【0063】このような熱処理においても、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの長手方向の各部を透明ガラス化予熱温度 T_3 から所要の熱処理の温度である透明ガラス化温度 T_4 まで温度を上昇させる温度の上昇速度が、該芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの長手方向の各部で一定となるように加熱を行うことが、透明ガラス化処理中の該芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの外径変動を防止する点で重要である。また、このような熱処理においても、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの長手方向の各部を、所要の熱処理の温度である透明ガラス化温度 T_4 から透明ガラス化予熱温度 T_3 まで温度を降温させる、温度の下降速度が該芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの長手方向の各部で一定となるように加熱を行うことが好ましい。

【0064】加熱源10 e、10 aの昇温により芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの両端の各区間まで透明ガラス化温度 T_4 に昇温できたならば、該芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bは全長に亘って透明なコア用の光ファイバ母材となる。

【0065】しかる後、各加熱源10 a~10 eを降温させることにより透明なコア用の光ファイバ母材の全区間の温度を置換温度 T_5 まで下げる。この降温と同時に炉心管1内に供給するガスをHeガス（場合によっては、塩素ガスや酸素ガスと一緒に流している）から N_2 ガスあるいはArガスに徐々に置換する。

【0066】各加熱源10 a~10 eに対応する透明なコア用の光ファイバ母材の全区間の温度が置換温度 T_5 まで下がったら、所定時間この置換温度 T_5 に保持した後に、該透明なコア用の光ファイバ母材の全区間の温度を保持温度 T_6 （例えば、900℃）まで下げる。

【0067】保持温度 T_6 に到達後に、上蓋5を外し

て、透明なコア用の光ファイバ母材を昇降軸3の上昇により上昇させて炉心管1から取り出す。

【0068】この熱処理方法の実施の形態の第2例においては、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの表面側の多孔質層2 Dの屈折率を変化させるドーパントを添加するドーピング処理を、次のようにして行なうことができる。

【0069】まず、ドーピング処理を脱水処理と透明ガラス化処理との間で行なう場合について説明する。この場合は、前述したように図3 (A)~(D)に示すように処理を行ない、脱水処理終了後、図4 (D1)に示すように芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの温度を脱水予熱温度 T_1 からドーピング処理温度 T_6 に変更し、炉心管1内の雰囲気をHeガスとドーブガス（例えば、 SiF_4 、 SF_6 等）とを含むガスとして、所定時間保持することにより、表面側の多孔質層2 D中の雰囲気ドーブガス含有雰囲気に置換する。

【0070】その後、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの表面温度を表面高密度化処理温度 T_7 に変更する。この表面高密度化処理温度 T_7 は、表面側の多孔質層2 Dの少なくとも表層部が高密度化する温度とする。なお、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの表面温度を表面高密度化処理温度 T_7 に変更する場合、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの表面全体を表面高密度化処理温度 T_7 に設定してもよく、或いは図4 (D2)に示すように一度ドーピング処理温度 T_6 と表面高密度化処理温度 T_7 との間の表面高密度化後処理温度 T_8 に芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの表面全体の温度を設定した後、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの長手方向の中央部の温度を表面高密度化処理温度 T_7 とし、図4 (D3)に示すように順次長手方向の両側に表面高密度化処理温度 T_7 となる領域を移動させてもよい。

【0071】ドーピング処理終了後は、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの表面全体の温度を透明ガラス化予熱温度 T_3 に設定し、透明ガラス化処理を行なう。以下の工程は、第2例と同様である。

【0072】次に、ドーピング処理を透明ガラス化処理と同時に進める場合について説明する。この場合は、脱水処理終了後、図5 (D')に示すように芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの温度を脱水予熱温度 T_1 からドーピング処理温度 T_6 に変更し、炉心管1内の雰囲気はHeガスとドーブガス（例えば、 SiF_4 、 SF_6 等）とを含むガスとして、所定時間保持することにより、表面側の多孔質層2 D中のガスをドーブガスを含有したガスに置換する。

【0073】その後、芯あり多孔質光ファイバ母材2 Bの表面温度を透明ガラス化予熱温度 T_3 に設定し、透明ガラス化処理を行なう。以下の工程は、前述の熱処理方法の第2例と同様である。

【0074】なお、ドーピング処理を行なった場合、透

明ガラス化処理の際の温度は若干低くなる傾向がある。 *た温度条件を示す。

【0075】以下に、前述した第1例及び第2例で用い*

【0076】

脱水予熱温度 T_1 : 1000℃～1200℃ (芯なし多孔質光ファイバ母材2A)
1100℃～1250℃ (芯あり多孔質光ファイバ母材2B)
脱水温度 T_2 : 1250℃～1300℃ (芯なし多孔質光ファイバ母材2A)
1300℃～1350℃ (芯あり多孔質光ファイバ母材2B)
脱水昇温速度 : 300～500 mm/h (両方の多孔質光ファイバ母材とも)
透明ガラス化予熱温度 T_3 : 1250℃～1300℃ (芯なし多孔質光ファイバ母材2A)
1300℃～1350℃ (芯あり多孔質光ファイバ母材2B)
透明ガラス化温度 T_4 : 1450℃～1600℃ (両方の多孔質光ファイバ母材とも)
透明ガラス化昇温速度 : 270～400mm/h (両方の多孔質光ファイバ母材とも)
置換温度 T_5 : 1250℃～1300℃ (母材が伸びない温度)

なお、母材のサイズが大きくなると、処理温度は高くなる傾向になり、昇温速度は遅くなる傾向になる。また、多孔質光ファイバ母材の密度が高い場合も、同様な傾向となる。

【0077】更に、第2例の変形例で用いた温度条件を示す。

【0078】

ドーピング処理温度 T_6 : 900℃～1250℃
表面高密度化処理温度 T_7 : 1000℃～1350℃
表面高密度化後処理温度 T_8 : 950℃～1300℃
実験によれば、本発明を適用することにより、芯なし多孔質光ファイバ母材2Aの脱水処理時間や透明ガラス化処理時間をそれぞれ約15～25%短縮することができた。また、熱処理前に予め多孔質光ファイバ母材に含まれていたドーパントの長手方向の変動は、従来例と同等以下であった。

【0079】一方、本発明を適用することにより、芯あり多孔質光ファイバ母材2Bの脱水処理時間や透明ガラス化処理時間をそれぞれ約20%短縮することができた。

【0080】また、第2例で示した芯あり多孔質光ファイバ母材2Bの中央より両端側に熱処理して行く方法は、第1例で示した芯なし多孔質光ファイバ母材2Aの熱処理方法にも適用することができることは勿論である。

【0081】さらに、第1例で示した芯あり多孔質光ファイバ母材2Aの一端側より他端側に熱処理して行く方法は、第2例で示した芯なし多孔質光ファイバ母材2Aの熱処理方法にも適用することができることは勿論である。

【0082】図6は、前述したようにして脱水処理と透明ガラス化処理を行なった多孔質光ファイバ母材の熱処理における実施の形態の第1例と第2例で、該多孔質光ファイバ母材の長手方向の特定の位置における熱履歴のパターンを示したものである。ここで、各温度は、 $T_0 < T_1$ 、 $T_1 < T_2$ 、 $T_3 < T_4$ 、 $T_4 > T_5 > T_0$ の関係になっている。

【0083】図7(A)はドーピング処理を脱水処理と

透明ガラス化処理との間で行なう場合における、該多孔質光ファイバ母材の長手方向の特定の位置における熱履歴のパターンを示したものである。

【0084】図7(B)はドーピング処理を透明ガラス化処理と同時に行なう場合における、該多孔質光ファイバ母材の長手方向の特定の位置における熱履歴のパターンを示したものである。

【0085】上記の如く熱処理を行なう際に長手方向に移動させる温度パターンは、脱水処理やドーピング処理の場合は、熱処理の温度パターンは比較的自由に選べるが、温度パターンの再現性等を考慮すると、図8(A)に示すように最高温度点を中心にして長手方向に対称な形状が好ましく、透明ガラス化処理の場合は、透明ガラス化後の母材に気泡を残存させないようにすること等を考慮すると、図8(B)に示すように最高温度点より進行方向の後方に裾が広がった形状が好ましい。

【0086】なお、図6、図7において、熱処理温度パターンの移動は、脱水処理、ドーピング処理、透明ガラス化処理について各1回行なっているが、熱処理温度パターンの移動回数は複数回であってもよく、必要に応じて設定すればよい。

【0087】図9は、本発明に係る多孔質光ファイバ母材の熱処理方法を実施する加熱炉における実施の形態の第2例を示したものである。なお、図1に示す加熱炉と対応する部分には、同一符号を付けて示している。

【0088】この多孔質光ファイバ母材の加熱炉においては、垂直向きの昇降軸3の上端が、水平向きの昇降水平アーム14の一端側で該昇降水平アーム14を貫通して回転自在に支持されている。該昇降水平アーム14の上面には、昇降軸3を回転させることにより多孔質光ファイバ母材2をその軸線の回りに回転させるモータ15が搭載されている。昇降水平アーム14の他端側のネジ孔16では、垂直向きの昇降駆動軸17がネジ結合で貫通されている。この昇降駆動軸17は、図示しない支持体に軸受18で回転自在に支持され、図示しない支持体に支持されたモータ19により回転駆動されるようになっている。これら昇降水平アーム14、モータ15、ネ

ジ孔16, 昇降駆動軸17, 軸受18, モータ19により、多孔質光ファイバ母材2の昇降機構20が構成されている。

【0089】また加熱炉13内で、炉心管1の外周にその長手方向に所定間隔で配置されている加熱源(ヒータ)10a~10dは、加熱源10dで予熱処理ゾーン、加熱源10b, 10cで熱処理ゾーン、加熱源10aで後処理ゾーンを構成するように分けられ、隣接するゾーンの加熱源間には仕切り体21が配置されている。

【0090】次に、このような複数の加熱源10a~10dを用いたマルチヒータの多孔質光ファイバ母材の加熱炉を用いて芯なし多孔質光ファイバ母材2Aを熱処理する実施の形態の第3例について、該図9と、この加熱炉内の予熱処理ゾーン、熱処理ゾーン及び後処理ゾーンの温度分布を示す図10を参照して説明する。

【0091】前述した各例では、多孔質光ファイバ母材をその軸線方向に移動しないように固定した状態で、その軸線の回りに回転させて熱処理をしたが、本例では芯なし多孔質光ファイバ母材2Aをその軸線の回りに回転させつつその軸線方向に移動しながら熱処理を行う点に特徴がある。

【0092】即ち、この例では、各加熱源10a~10dに対応する炉心管1内が図10に示す予熱処理ゾーン、熱処理ゾーン及び後処理ゾーンの温度分布となるように、加熱源10a~10dの温度を制御する。各加熱源10a~10dの制御は、前述した例と同様に、各加熱源10a~10dの温度を放射温度計や熱電対等で検出して行う。各加熱源10a~10dの温度は、炉心管1内の温度が所定の温度となるように予め対応をとっておく。

【0093】具体的には、芯なし多孔質光ファイバ母材2Aを図9に示すように炉心管1内に挿入し、一番上の予熱処理ゾーンよりも少し上に多孔質光ファイバ母材2Aの下端が存在する位置で該多孔質光ファイバ母材2Aを停止させる。炉心管1内のガスがHeガスに置換された後、各ゾーンの加熱源10a~10dを所定の温度まで上昇させて、炉心管1内に図10に示すような脱水処理のための温度分布を作る。この場合、予熱処理ゾーンの温度をTa, 熱処理ゾーンの温度をTb, 後処理ゾーンの温度をTcとする。

【0094】炉心管1内に図10に示す温度分布が得られたら、炉心管1内に供給するガスを脱水処理用のガスに変更する。

【0095】かかる状態で、多孔質光ファイバ母材2Aを昇降機構20の駆動により一定速度で炉心管1内で下降(引き下げ)させ始める。

【0096】この多孔質光ファイバ母材2Aの下降により、多孔質光ファイバ母材2Aの各部は最初に予熱処理ゾーンに入ってTaの温度で予熱処理を受け、次に熱処理ゾーンに入ってTbの温度で所要の熱処理を受け、次

に後処理ゾーンに入ってTcの温度で後処理を受ける。

【0097】このような熱処理が多孔質光ファイバ母材2Aの上端まで終了したら、各ゾーンの温度を全体的に後処理ゾーンの温度Tcまで下げると同時に、炉心管1内に供給するガスをHeガスだけに切り換える。

【0098】ガスの切り換え後に、多孔質光ファイバ母材2Aを引上げ、脱水処理を開始した位置で停止させる。

【0099】かかる状態で、各加熱源10a~10dの温度制御により、炉心管1内の予熱処理ゾーン、熱処理ゾーン及び後処理ゾーンを透明ガラス化処理のための温度分布に設定すると共に炉心管1内に供給するガスを透明ガラス化処理のためのガスに変更する。

【0100】かかる状態で、多孔質光ファイバ母材2Aを昇降機構20の駆動により一定速度で炉心管1内で下降(引き下げ)させ始める。

【0101】この多孔質光ファイバ母材2Aの下降により、多孔質光ファイバ母材2Aの各部は最初に予熱処理ゾーンに入って予熱処理を受け、次に熱処理ゾーンに入って所要の熱処理を受け、次に後処理ゾーンに入って後処理を受ける。

【0102】このような熱処理が多孔質光ファイバ母材2Aの上端まで終了したら、炉心管1内に供給するガスをHeガスだけに切り換える。ガスの切り換え後に、光ファイバ母材を引上げる。

【0103】上記例では、芯なし多孔質光ファイバ母材2Aの熱処理について説明したが、芯あり多孔質光ファイバ母材2Bの熱処理も同様にして行うことができる。

【0104】このようにすることで、多孔質光ファイバ母材をその軸線方向に動かしても、先に説明した多孔質光ファイバ母材をその軸線方向に動かさない場合とほぼ同様の熱処理時間まで時間短縮をすることができた。

【0105】このタイプの場合では、加熱炉13を小型化でき、設備コストを低減することができる。

【0106】このタイプで脱水処理の場合は、後処理ゾーンの温度Tcを熱処理ゾーンTbの温度と同じか、近い温度とすることで、さらに脱水処理時間を短くすることができる。この場合、後処理ゾーンの温度Tcが高過ぎると、脱水が多孔質光ファイバ母材の長手方向で不均一となることがあり、好ましくない。

【0107】また、透明ガラス化処理の場合は、後処理ゾーンの温度Tcを、予熱処理ゾーンの温度Taと熱処理ゾーンの温度Tbの中間の温度か、それよりも高い温度とすることが好ましい。このようにすることで、透明ガラス化処理時間を短縮できるが、後処理ゾーンの温度が高過ぎると、光ファイバ母材が伸びる心配がある。

【0108】なお、このタイプでドーピング処理を行なう場合は、前述した熱処理方法の第1例及び第2例とほぼ同様の温度条件とすることが好ましい。

【0109】以下に、前述した第3例で用いた温度条件

を示す。

【0110】

脱水処理の場合（シングルモードファイバの場合）

予熱処理ゾーン温度T a : 1200℃～1250℃
（ゾーン中心）

熱処理ゾーン温度T b : 1300℃～1350℃
（最高温度）

後処理ゾーン温度T c : 1250℃～1300℃
（ゾーン中心）

透明ガラス化処理の場合（シングルモードファイバの場合）

予熱処理ゾーン温度T a : 1300℃～1350℃
（ゾーン中心）

熱処理ゾーン温度T b : 1500℃～1600℃
（最高温度）

後処理ゾーン温度T c : 1400℃～1480℃
（ゾーン中心）

ドーピング処理の場合

ドーピング処理温度T a : 900℃～1250℃

表面高密度化処理温度T b : 1000℃～1350℃

表面高密度化後処理温度T c : 950℃～1300℃

なお、図9では加熱源をマルチヒータで構成した場合について示したが、この加熱源は長手方向に所要の温度分布をもつシングルヒータで構成することもできる。

【0111】

【発明の効果】本発明に係る多孔質光ファイバ母材の熱処理方法においては、多孔質光ファイバ母材に対して所要の熱処理を行う前に、該多孔質光ファイバ母材の全体を予め所要の熱処理の温度より低い所定の予熱温度まで予熱しておくので、該多孔質光ファイバ母材を所要の熱処理の温度まで昇温させて該多孔質光ファイバ母材の全長にわたって所要の熱処理を行う時間を短縮できる。また、多孔質光ファイバ母材が所要の熱処理の温度になる位置を該多孔質光ファイバ母材の長手方向に移動させつつ、該多孔質光ファイバ母材に対する所要の熱処理を行うので、該多孔質光ファイバ母材の全長にわたってほぼ均一な温度で所要の熱処理を行うことができ、該多孔質光ファイバ母材の屈折率分布を該多孔質光ファイバ母材の長手方向にほぼ均一にすることができる。

【0112】また、ドーピング処理の際は、多孔質光ファイバ母材を予熱処理するため、径方向のドーパント濃度をほぼ均一にすることができる。さらに、多孔質光ファイバ母材の熱処理時の温度履歴を長手方向ではほぼ均一にすることができるので、長手方向のドーパント濃度もほぼ均一にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る多孔質光ファイバ母材の熱処理方法を実施する加熱炉における実施の形態の第1例を示した縦断面図である。

【図2】（A）～（E）は本発明の一例として示した芯

なし多孔質光ファイバ母材を熱処理する際の各工程での炉心管内の温度分布図である。

【図3】（A）～（G）は本発明の一例として示した芯あり多孔質光ファイバ母材を熱処理する際の各工程での炉心管内の温度分布図である。

【図4】（D1）～（D3）はドーピング処理を脱水処理と透明ガラス化処理とで行なう場合に追加される各工程での炉心管内の温度分布図である。

【図5】ドーピング処理を透明ガラス化処理と同時に進行する場合に追加される工程での炉心管内の温度分布図である。

【図6】脱水処理と透明ガラス化処理を行なった多孔質光ファイバ母材の熱処理における実施の形態の第1例と第2例で、該多孔質光ファイバ母材の長手方向の特定の位置における熱履歴のパターン図である。

【図7】ドーピング処理を脱水処理と透明ガラス化処理とで行なう場合における、該多孔質光ファイバ母材の長手方向の特定の位置における熱履歴のパターン図である。

【図8】（A）は脱水処理やドーピング処理の場合に長手方向に移動させる際に好ましい温度パターン図、（B）は透明ガラス化処理の場合に長手方向に移動させる際に好まし温度パターン図である。

【図9】本発明に係る多孔質光ファイバ母材の熱処理方法を実施する加熱炉における実施の形態の第2例を示した縦断面図である。

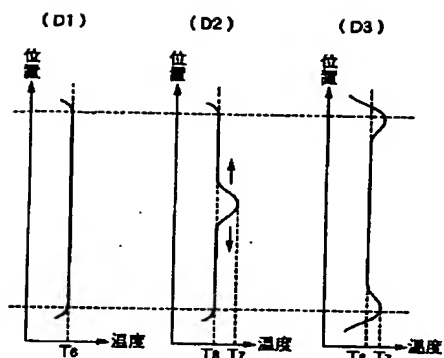
【図10】図9の加熱炉における炉心管内の温度分布図である。

【符号の説明】

- 1 炉心管
- 1 a 上部開口部
- 2 多孔質光ファイバ母材
- 2 A 芯なし多孔質光ファイバ母材
- 2 B 芯あり多孔質光ファイバ母材
- 2 C 透明なコア用の光ファイバ母材
- 2 D 多孔質層
- 3 昇降軸
- 4 母材把持部
- 5 上蓋
- 6 貫通孔
- 7 ガス供給管
- 8 排気管
- 9 均熱管
- 10 a～10 e 加熱源（ヒータ）
- 11 断熱材
- 12 炉体
- 13 加熱炉
- 14 昇降水平アーム
- 15 モータ
- 16 ネジ孔

- 20 昇降機構
21 仕切り体

【图 4】



(A) (B) (C) (D) (E)

位置

位置

位置

位置

位置

2A

温度

500°C T₀ 1000°C 1500°C T₁

温度

T₁ T₂

温度

T₁ T₂

温度

T₃

温度

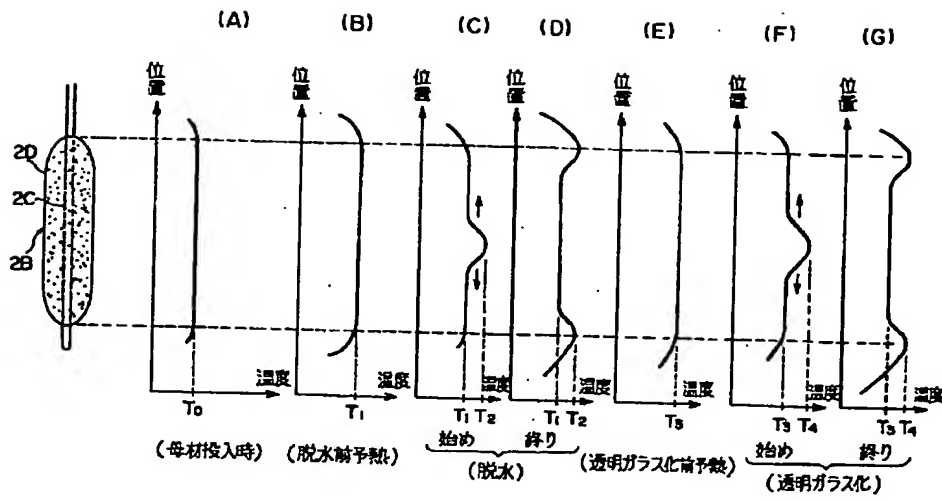
T₃ T₄

(母材投入時) (脱水予熱) (脱水) (ガラス化予熱) (ガラス化)

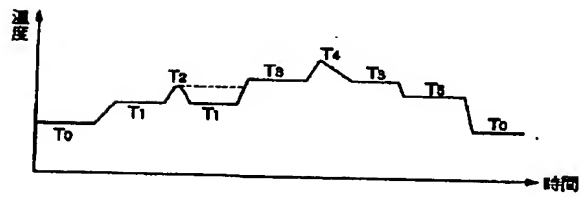
(A) 脱水
ドーピング

(B) 透明ガラス化

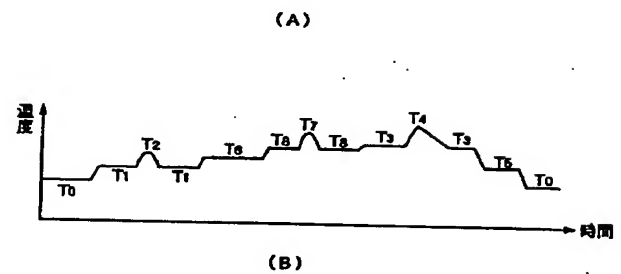
【図3】



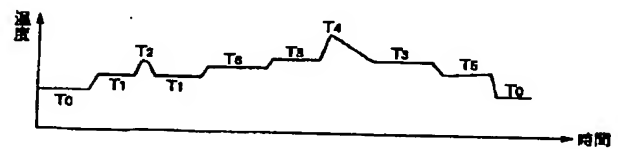
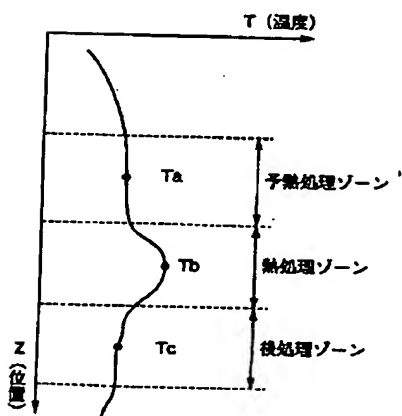
【図6】



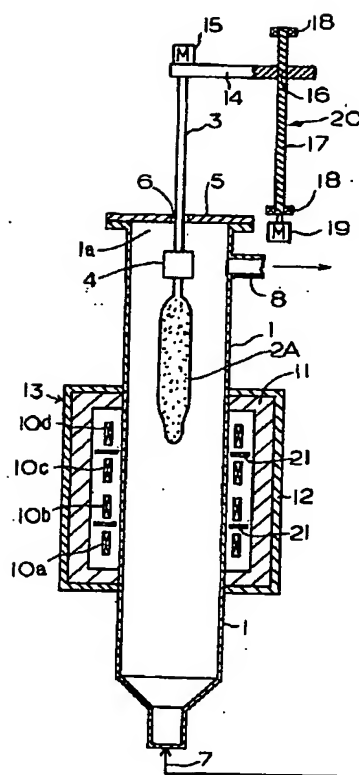
【図7】



【図10】



【図9】



フロントページの続き

(72) 発明者 折田 伸昭
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古
河電気工業株式会社内

(72) 発明者 杉山 聡
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古
河電気工業株式会社内

(72) 発明者 武田 純一
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古
河電気工業株式会社内